مجله
بلورشناسی
و کانی شناسی
ایران

Iranian Journal of
Crystallography
and Mineralogy

OPEN ACCESS JOURNAL

مقاله پژوهشی

مجله بلورشناسی و کانی شناسی ایران

سال سی و دوم، شمارۀ سوم، پاییز ۱۴۰۳، از صفحۀ ۴۵۹ تا ۴۷۰

کانی‌شناسی و زمین‌شیمی کانی‌سازی طلا و مس سلطان انوچ، ملایر، غرب ایران

حمید رستمی پور*[۱]، مهرداد بهزادی[۱]، رامین شهبازی[۱]، محمد امینی[۲]

۱- گروه زمین شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی تهران

۲- گروه زمین شناسی، دانشکده زمین شناسی، دانشگاه تهران

(دریافت مقاله: ۱۴۰۲/۹/۴، نسخه نهایی: ۱۴۰۲/۱۱/۲۸)

چکیده: رویداد کانه‌زایی مس و طلا در گستره سلطان انوچ در جنوب‌غربی ملایر، بخشی از پهنه سنندج - سیرجان است. از مهم‌ترین واحدهای سنگی منطقه مورد بررسی می‌توان به شیست، سنگ آهک و توده‌های نفوذی اسیدی تا حدواسط اشاره کرد. دگرسانی‌های غالب منطقه دگرسانی‌های پروپلیتی، سریسیتی، آرژیلیک و هماتیتی هستند، که بصورت محلی و در ارتباط با تشکیل اسکارن گسترش دارند. کانی‌های کوارتز، اپیدوت، هماتیت، مگنتیت، پیریت و مالاکیت کانی‌های شاخص دیده شده در مقاطع میکروسکوپی هستند. کانی‌سازی طلا و مس به صورت رگه‌ای و پرکننده فضای خالی دیده می‌شود. در نمونه‌های برداشت شده، بیشترین مقدار طلا ۶۷۵ میلی گرم در تن و بیشترین مقدار مس ۳۷۲۰۰ گرم در تن است. درست در مرز توده نفوذی با سنگ‌های کربناتی، آثار گسترده‌ای از واکنش‌های شیمیایی دگرگونی کناری سامانه باز دیده شده است. توده‌های نفوذی در گستره‌ی مشترک گرانیت‌های قوس آتشفشانی و همزمان با برخورد قرار دارند. از این رو، فعالیت ماگمایی منطقه در ارتباط با محیط فرورانشی است.

واژه‌های کلیدی: *اسکارن سلطان انوچ؛ کانی سازی مس-طلا؛ ملایر؛ غرب ایران.*

مقدمه

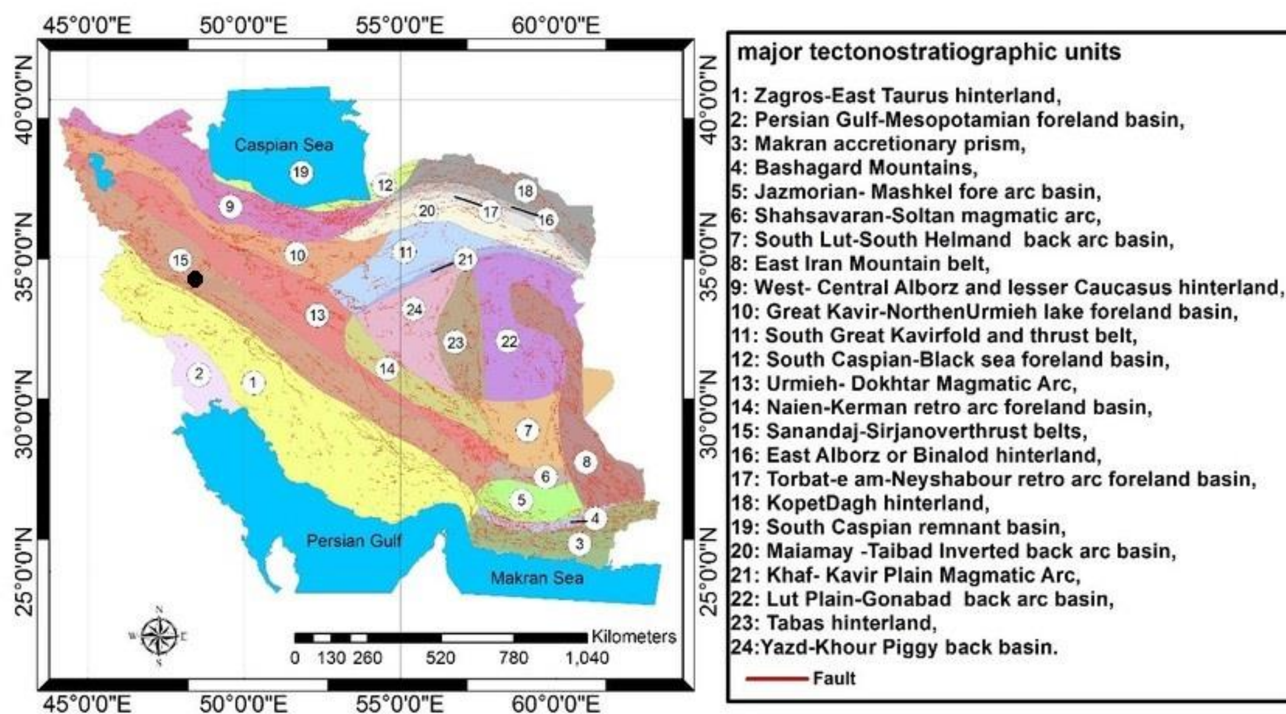
پهنه سنندج – سیرجان به دلیل شرایط ویژه زمین‌پویایی، دگرگونی و ماگمایی، همچنین حضور معادن و شواهد متعدد کانه‌زایی فلزی چون طلا، آهن، مس، سرب و روی، تنگستن و کرومیت، از گذشته‌های دور برای زمین‌شناسان و معدنکاران مهم بوده است. این کمربند به طول ۱۵۰۰ کیلومتر و عرض ۷۵-۲۰۰ کیلومتر با روند شمال غرب - جنوب شرق موازی با راندگی اصلی زاگرس کشیده شده است [۲،۱]. بررسی‌های عزیزی [۳] نشان داد که یک کمربند آتشفشانی به سن کرتاسه در بخش شمالی سنندج- سیرجان بین نهاوند و ارومیه گسترش یافته است. از جمله توده‌های گرانیتوئیدی بزرگ موجود در شمال‌غرب پهنه سنندج-سیرجان می‌توان به توده‌ی نفوذی عشوند [۵،۴] و سامن اشاره کرد. منطقه سلطان انوچ در کمربند دگرگونی سنندج – سیرجان (شکل۱) و در جنوب غرب ملایر و ۱۱ کیلومتری شرق شهرستان نهاوند واقع است (عرض جغرافیایی "۱۰'۰۰ °۳۴ تا "۱۶'۰۰ °۳۴ و طول جغرافیایی "۳۱'۰۰ °۴۸ تا "۳۷'۰۰ °۴۸). این گستره شامل دو بخش اصلی اسکارن و گرانیتوئید است. گرانیتوئید این منطقه بخشی از گرانیتوئید سامن است. گرانیتوئید سامن در بخش غربی پهنه سنندج-سیرجان و جنوب غرب ملایر قرار دارد. در این پژوهش، امکان کانه‌زایی، کانی‌شناسی و زمین‌شیمی اسکارن و گرانیتوئید سامن در منطقه سلطان انوچ بررسی شده است.

روش بررسی

پس از بررسی‌های کتابخانه‌ای و همچنین گزارش‌های پیشین از منطقه مورد بررسی، بازدیدهای صحرایی از این گستره صورت گرفت. در عملیات صحرایی به منظور بررسی‌های مختلف

*نویسنده مسئول، تلفن: ۰۹۹۱۱۵۳۴۱۴۴، پست الکترونیکی: rostamipoor12@gmail.com

[DOI: 10.61186/ijcm.32.3.459]



شکل ۱ نقشه پهنه‌بندی پهنه‌های ساختاری و زمین‌شناسی حوضه‌های رسوبی ایران [۶]. موقعیت منطقه مورد بررسی با دایره مشکی نشان داده شده است.

آزمایشگاهی، ۱۴ مقطع صیقلی از نمونه‌های کانه‌دار، ۲۰ مقطع نازک از واحدهای سنگی و ۴۳ نمونه برای تجزیه شیمیایی به روش طیف‌سنجی نشر نوری پلاسمای جفت شده القایی (ICP-OES) در آزمایشگاه زرآزما تهران برداشت گردید. ICP-OES از جمله روش‌های طیف سنجی اتمی است که در آن، اتمی شدن عناصر به کمک محیط گرم پلاسما انجام شده و سپس با یک طیف سنج انتشاری (OES) آشکارسازی و کمی سازی می‌شود. استاندرد و حد حساسیت این روش طوری بوده که تجزیه عناصر از غلظت‌های بسیار پایین حدود ۰،۱ ppm تا چند درصد به طور هم زمان ممکن است. از محدودیت‌های این روش می‌توان به حل کردن نمونه‌های جامد و رقیق سازی بیشتر نمونه‌ها نسبت به روش‌های دیگر و خطا در اندازه گیری عناصری با غلظت بالا اشاره کرد.

زمین‌شناسی و کانی‌شناسی منطقه

مهم‌ترین واحدهای زمین‌شناسی منطقه در ادامه توصیف شده‌اند.

واحد آهک دگرگونه: این واحد شامل سنگ آهک با رنگ‌های مختلف از خاکستری تیره و روشن تا سفید و وابسته به ترياس است که در سطح هوازده، رنگ سفید، خاکستری روشن با لایه-بندی ظریف و تناوب لایه‌های سفید و خاکستری نیز در سنگ دیده می‌شود. سطح تازه سنگ، خاکستری روشن همراه با حفره‌های پر شده با بلورهای کلسیت است. گاهی این کلسیت-ها به صورت رگه و رگچه‌های ظریف به رنگ سفید در سنگ دیده می‌شوند. این آهک بلوری متوسط تا نازک لایه است. لایه‌ها به صورت بسیار نازک اولیه و لایه‌بندی‌های ظریف تا بیشینه ضخامت ۶۰-۵۰ سانتیمتر نیز دیده می‌شوند (شکل۲). این واحد سنگ آهک بلورین به طور هم شیب با واحدهای شیستی و فیلیتی پوشیده شده است. این واحد با ضخامت ۱۰۰ متر در بخش‌هایی از شمال غرب منطقه رخنمون دارد. در بخش‌های مرکزی منطقه اکتشافی نیز، این واحد با رخنمون به نسبت گسترده‌ای دیده می‌شود. در بخش جنوب -جنوب غربی منطقه، ضخامت واحد آهکی بیشتر شده است.

[DOI: 10.61186/ijcm.32.3.459]



شکل۲ واحد آهک دگرگونه در گستره سلطان انوچ که دچار دگرگونی ناحیه‌ای و کناری شده است.

واحد گرانیتوئیدی: واحد گرانیتوئیدی منطقه شامل توده گرانودیوریت، گرانیت و مونزونیت (گرانیتوئید سامن) بوده که با توجه به شواهد میکروسکوپی، توده نفوذی رخنمون یافته در گستره سلطان انوچ بیشتر از نوع گرانودیوریت است. روند عمومی واحد گرانیتوئیدی سامن شرقی- غربی است. این توده در بخش‌های مختلف، بسته به مقدار کانی‌های موجود، دارای ترکیب متنوعی است و در واقع، یک مجموعه از سنگ‌های نفوذی را تشکیل می‌دهد. به طور کلی می‌توان ترکیبی از گرانیت، گرانودیوریت، مونزونیت تا دیوریت را در آن تشخیص داد که بررسی تقدم و تاخر این واحدها نیازمند یک پژوهش می‌باشد. قسمت‌هایی از واحد گرانیودیوریتی در سطح هوازده به دلیل وجود اپیدوت سبز رنگ دیده می‌شود[۷]. کانی‌های اصلی تشکیل دهنده این واحد شامل پلاژیوکلاز تقریبا ۳۵ درصد، کوارتز ۲۵ درصد، فلدسپار آلکالن تقریبا ۲۰ درصد، و کانی بیوتیت می‌باشد. (شکل ۳ و ۴ الف و ب). در حاشیه رودخانه خانه‌آباد در شمال روستای انجیره آثار دگرسانی آرژیلیک در این توده دیده می‌شود.

واحد شیست

این واحد سنگی پیرامون توده سامن دیده می‌شود و هاله بیرون دگرگونی همبری را تشکیل می دهد. در این مرحله، آثار تورق آسان هنوز وجود دارد و سنگ به دست آمده دارای شیست بیوتیت، کلریت و مسکویت است. کانی کدر و اکسیدآهن نیز از کانی‌های فرعی آن به شمار می‌آیند. سنگ‌ها دارای شیستوارگی هستند و بافت ورقه شکفتی دارند [۸]. این واحد سنگی پیرامون توده سامن برونزد دارد. رخنمون سنگی در سطح هوازده این واحد به رنگ خاکستری و در سطح تازه، به رنگ سیاه است. لایه‌بندی در این واحد بسیار ظریف بوده و دچار چین خوردگی ظریفی شده است. در این واحد سنگی، رگه‌ها و یا نوارهای سیلیسی سفیدرنگ به صورت پراکنده وهم شیب با لایه بندی وجود دارند (شکل‌های ۳ پ تا ث). در مقطع میکروسکوپی واحد شیست منطقه، کانی مسکوویت به همراه بیوتیت و کلریت به راحتی دیده می‌شوند (شکل‌های ۴ پ وت).

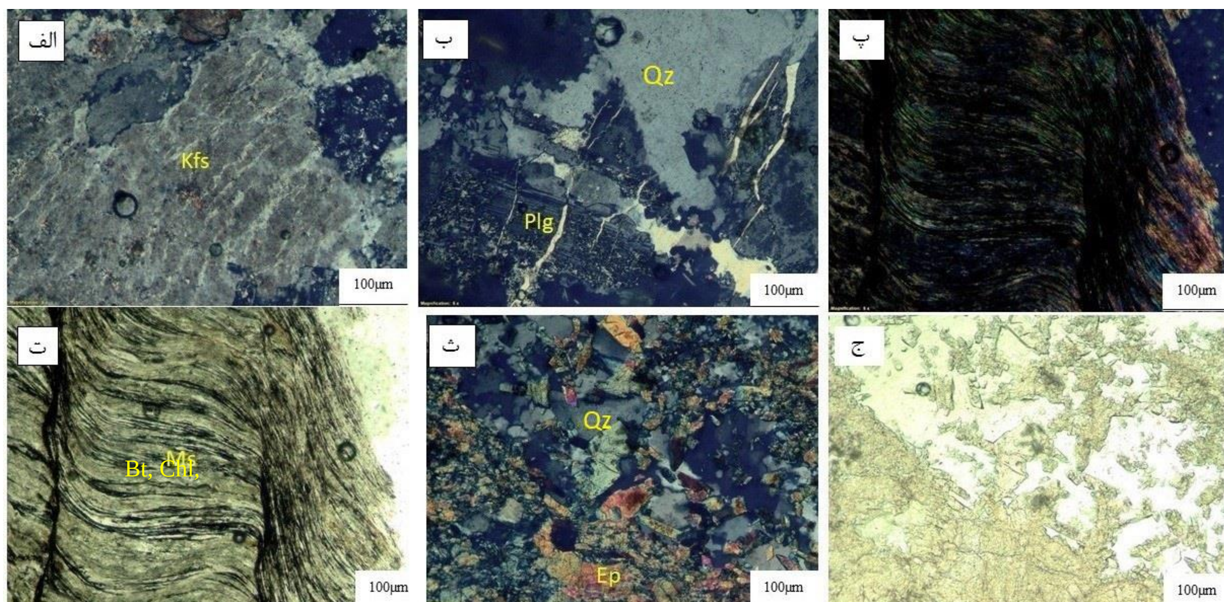
واحد زمین‌شناسی مولد طلا: در اثر نفوذ توده گرانیتوئیدی و همبری آن با واحدهای کربناتی، به ویژه سنگ آهک تریاس، اسکارن‌زایی رخ داده است. اسکارن‌های موجود در منطقه اکتشافی در بخش شرقی، مرکزی و بخش‌هایی از غرب گستره وجود دارند. ضخامت این واحد به ۳۰ متر می‌رسد. در پهنه اسکارن، کانی گارنت بسیار یافت می‌شود و همچنین در بررسی‌های صحرایی، جنس واحد آهکی از نوع کلسیت تشخیص داده شد که در اثر بازتبلور رگه‌های سفید کلسیت ثانویه نیز دارد. طلا در اسکارن و رگه‌های سیلیسی، غنی‌شدگی نسبی نشان داده است، اما این غنی‌شدگی‌ها درحد غنی‌شدگی کانساری مشخص نشده‌اند. شواهدی چون تشکیل سنگ‌های دگرگونی، اسکارن‌ها و رگه‌های سیلیسی پیرامون توده گرانودیوریتی منطقه نشان می‌دهد که این پدیده‌ها در ارتباط با جایگزینی توده نفوذی هستند که بخش گسترده‌ای از منطقه را تشکیل می‌دهد (شکل‌های ۴ ث و ج). از این رو، اثر سیال‌های گرمابی این توده بر سنگ‌های کناری باعث دگرسانی و تشکیل

[DOI: 10.61186/ijcm.32.3.459]

پهنه دگرنهاده در سنگ آهک‌های تریاس و واحدهای شیل-ماسه سنگ ژوراسیک شده است. بیشتر کانی‌زایی‌های طلا و مس به صورت رگه‌ای و لکه‌های پراکنده (پر کننده فضای خالی) در پهنه اسکارن‌های موجود در سنگ آهک‌های تریاس رخ داده‌اند (شکل‌های ۴ ث و ۵ الف). روند عمومی اسکارن سلطان انوچ ۱۱۰ درجه و شیب عمومی آن ۵۰ درجه به سوی شمال است. رخنمون آن طولی حدود ۲۵۰ متر دارد که بصورت چند لکه پی در پی قابل ردیابی است و بخش‌هایی از آن با خاک برجا و مرتع پوشیده شده است. لایه‌های مختلفی از مرمر خاکستری تا سیلیس به تناوب در پهنه اسکارن دیده می-شود. کانی سازی مس در ضخامت و طول محدودی قابل دیده است.

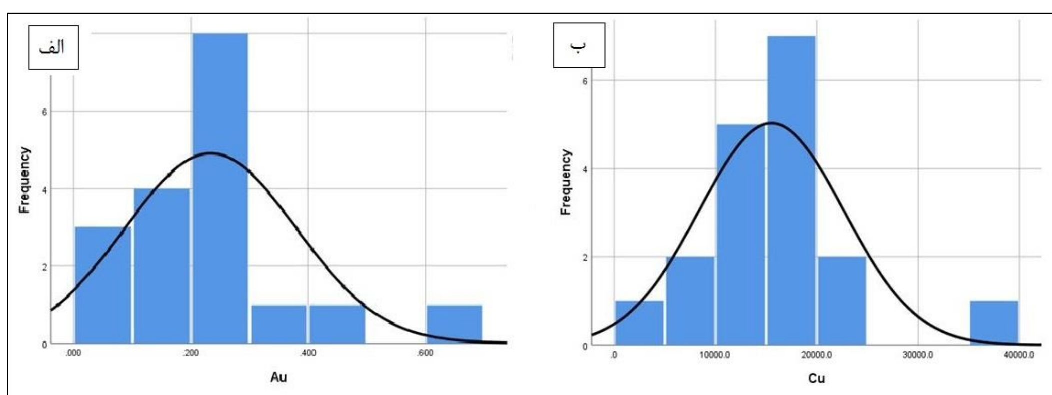


شکل۳ واحدهای منطقه مورد بررسی: الف و ب- نمایی از توده نفوذی گرانیتوئیدی، پ و ت و ث) واحد دگرگونه شیست و ج) واحدهای سیلیسی-لیمونیتی.



شکل۴ تصاویر مقاطع میکروسکوپی از منطقه مورد بررسی: الف و ب) توده گرانیتوئیدی مولد کانه‌زایی در نور قطبیده متقاطع (XPL)، پ و ت) واحد شیست به ترتیب در XPL و نور قطبیده صفحه ای (ppL)، ث و ج) پهنه اسکارن به ترتیب در XPL و ppL (kfs: فلدسپار پتاسیم، Plg: پلاژیوکلاز، Qz: کوارتز و Ms: مسکوویت و Ep: اپیدوت [۹])

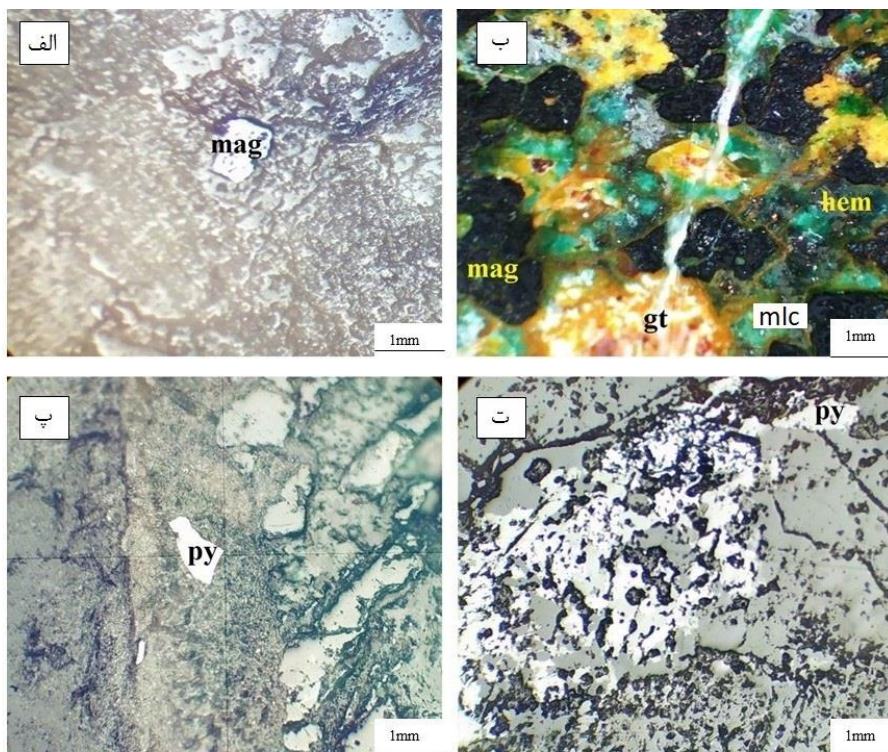
[DOI: 10.61186/ijcm.32.3.459]



شکل۵ نمودارهای ستونی طلا و مس در واحد اسکارن.

از آنجا که این اسکارن در نزدیکی یک توده نفوذی واقع بوده، مستعد کانی زایی طلا و مس است به طوریکه ارتفاع‌های سنگ‌های آهکی کنار توده های نفوذی در معرض سیال‌های گرمابی این توده قرار نگرفته‌اند. کانی‌سازی بیشتر در کنار توده نفوذی و درون واحد آهکی رخ داده است. کانی‌های کلسیت و گارنت گروسولار بسیار در پهنه اسکارن دیده می‌شوند، به طوری که می‌توان گفت که کانه‌زایی از نوع برون اسکارن کلسیمی است (شکل‌های ۲ و ۵).

رگه‌های سیلیسی-لیمونیتی-کلسیتی تشکیل شده در این واحد دارای غنی‌شدگی طلا، نقره و بیسموت هستند (شکل ۳ ج). کانه‌زایی مس بیشتر به صورت مالاکیت دیده می‌شود که کانی‌های همراه آن مگنتیت، پیریت، هماتیت و گوتیت هستند (شکل ۶). به نظر می‌رسد که این رگه‌ها در ارتباط با شکستگی‌های سقف توده گرانودیوریتی و جای گرفتن سیال‌های گرمابی در واحدهای خرد شده، تشکیل شده باشند.



شکل۶ تصاویر مقاطع صیقلی از کانه‌زایی منطقه مورد بررسی (mag: مگنتیت، gt: گوتیت، mlc: مالاکیت، hem: هماتیت، py: پیریت [۹]) . چنان که مشخص است، کانی‌های مگنتیت و پیریت به صورت پر کننده فضای خالی، فضاهای موجود بین کانی‌های باطله را پر کرده‌اند. در تصویر الف کانی‌های ثانویه هماتیت و مالاکیت در اثر دگرسانی کانی‌های سولفیدی مس ایجاد شده‌اند.

[DOI: 10.61186/ijcm.32.3.459]

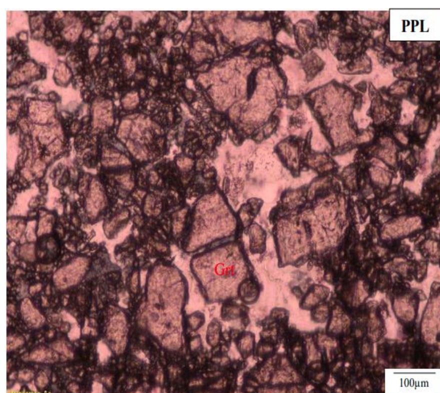
همچنین لایه‌ای کوارتزیتی به صورت رگه و نوارهای سیلیسی شیری رنگ در واحدهای دگرگونی شیست و ماسه‌سنگ‌های دگرگونه در سراسر منطقه قابل شناسایی است که هیچ اثری از کانه‌زایی در این نوارها دیده نمی‌شود. واحد دگرگونی بیشتر از کوارتز و اپیدوت تشکیل شده و دارای ترکیب‌های آهن (کانی-های کدر، به احتمال بسیار مگنتیت و گوتیت) است (شکل ۷).

بحث و بررسی

زمین‌شیمی واحدها و کانسنگ

تعداد ۴۳ نمونه از واحدهای مختلف منطقه مورد بررسی برداشت و برای تجزیه به روش ICP-OES به آزمایشگاه زرآزما در تهران ارسال گردید که نتایج آنها در جدول ۱ آورده شده - است.





شکل۷ الف ساخت رگه‌ای دربردارنده کانه‌زایی درون واحد کربناتی در منطقه مورد بررسی (درون مستطیل قرمزرنگ) که از سنگ میزبان جداشده است. کانه‌زایی بیشتر به صورت اکسید مس دیده می‌شود. ب) تصویر میکروسکوپی(PPL) واحد اسکارن که کانی گارنت در آن مشخص است.

جدول۱ نتایج تجزیه شیمیایی واحدهای سنگی منطقه موردبررسی به روش ICP-OES.

عنصر	Au	Ag	As	Ba	Be	Bi	Cd	Ce	Co	Cr	Cu	Dy	Er	Eu
واحد	ppb	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
SA-۱	۱۹	۰/۱	۲	۳۴	۰/۲	۰/۲	۰/۱	۱۱	۲	۱۲۷	۱۰	۰/۱	۱/۳	۰/۱
۲	۲۷	۰/۱	۱۷	۹۴	۱/۸	۰/۱	۰/۴	۱۰۰	۱۷	۳۵۰	۲۲	۶/۳	۴/۸	۲/۶
۳	۲۳	۰/۱	۲	۷۱۱	۱/۶	۰/۱	۰/۱	۷۳	۷	۱۲۷	۵۷	۰/۲	۱/۹	۱/۲
۴	۳۵	۰/۱	۱۰۳	۷۰	۰/۱	۰/۱	۰/۲	۶۵	۶	۱۹۶	۷	۳/۸	۳/۸	۱/۲
۶	۷۵	۰/۱	۱۴۰	۴۱	۰/۷	۰/۲	۰/۱	۶۰	۷۱	۱۰۳	۴۳۶۲	۰/۱	۷/۴	۰/۵
۷	۳	۰/۱	۱	۶۱۶	۱/۷	۰/۱	۰/۱	۶۲	۷	۸۰	۱۱	۲/۷	۱/۱	۱/۳
۸	۳۱	۰/۱	۱۵	۹۹	۰/۱	۲/۶	۰/۲	۱۸	۷	۱۳۸	۳۳۷	۱/۴	۲/۴	۰/۴
۹	۴۴۳	۱/۵	۲۶۰	۶	۰/۱	۱۵۹۳	۲/۴	۶۹	۳۳	۱۱۳	۲۸۱۰۰	۰/۱	۸/۱	۰/۴
۱۰	۶۷۵	۳/۳	۱۹۰	۲۱	۰/۱	۶۷۶	۲/۳	۳۷	۱۰	۸۵	۳۷۲۰۰	۰/۱	۵/۳	۰/۲
۱۲	۲۳	۰/۱	۲	۳۱۳	۱/۶	۰/۱	۰/۱	۸۷	۴۲	۶۳	۲۱	۰/۴	۶/۵	۰/۳
۱۴	۶۷	۱/۹	۴۸	۱۰	۰/۵	۲۲	۴/۳	۴۶	۹	۵۲	۱۸۰۰۰	۰/۱	۵/۱	۲/۱
۱۵	۷۱	۰/۸	۱۳۹	۹	۰/۱	۰/۱	۱/۲	۴۶	۷	۱۲۷	۱۳۳۰۰	۰/۱	۴/۸	۰/۹
۱۶	۲۶	۰/۱	۳۰/۹۵	۲۲۸	۱/۱	۰/۱	۰/۲	۶۲	۸	۲۰۰	۲۴	۳/۱	۳	۱/۳
۱۷	۴۰	۰/۱	۶۵/۵۶	۲۲۹	۱/۳	۰/۱	۰/۲	۷۴	۲۵	۱۹۴	۱۱۱۲	۳/۱	۴/۵	۱/۴
۱۸	۳۴	۰/۱	۶۱/۶۷	۳۶۰	۱/۲	۰/۱	۰/۱	۶۵	۲۳	۱۲۷	۱۱۰۹	۲/۲	۳/۶	۱
۱۹	۳۶	۰/۱	۶۵/۰۳	۲۰۷	۰/۹	۰/۷	۰/۲	۵۱	۲۳	۱۲۹	۱۱۷۹	۲	۳/۷	۰/۹
۲۰	۱۳۸	۰/۴	۱۰۴/۲	۱۹۱	۰/۷	۳۹۹	۰/۷	۵۲	۳۰	۱۰۸	۸۲۰۲	۱/۱	۴/۷	۰/۶
۲۱	۲۸۸	۱/۲	۱۱۶/۶۳	۱۸۵	۰/۵	۵۶۷/۹	۱/۳	۴۷	۱۴	۱۰۴	۱۶۰۰۰	۱/۱	۴/۲	۰/۶
۲۲	۲۹۳	۱/۲	۱۱۶/۸۱	۱۱۰	۰/۵	۵۶۷/۹	۱/۳	۵۳	۲۳	۹۹	۱۶۰۰۰	۱/۴	۵/۵	۱
۲۳	۳۰۲	۱/۷	۱۲۴/۹۴	۸۷	۰/۶	۵۷۲/۸	۲/۳	۶۰	۲۴	۷۸	۲۱۰۰۰	۱/۱	۶/۲	۱/۴
۲۴	۲۰۹	۱/۵	۹۴/۶۴	۸۸	۰/۶	۱۷۴/۵	۲	۵۴	۱۷	۸۲	۱۷۰۰۰	۱/۱	۵/۴	۱/۵
۲۵	۴۷	۰/۷	۵۴/۸۴	۱۴۰	۰/۸	۵/۶	۱/۵	۶۰	۱۷	۱۱۱	۷۸۳۶	۱/۸	۴/۸	۱/۸
۲۶	۵۱	۰/۷	۷۰/۷۵	۱۱۹	۰/۷	۵/۶	۱/۵	۵۷	۱۲	۱۴۳	۸۱۰۹	۱/۶	۴/۳	۱/۴
۲۷	۴۳	۰/۲	۷۴/۱۸	۲۰۶	۰/۹	۰/۱	۰/۵	۶۲	۱۶	۱۶۲	۳۸۸۶	۲/۱	۴	۰/۲
۲۸	۳۴	۰/۹	۵۵/۸	۲۵۶	۱/۱	۰/۳	۰/۲	۶۳	۲۰	۱۶۲	۸۵۶	۲/۶	۳/۷	۱/۱
۲۹	۶۲	۰/۲	۷۴/۱۱	۲۴۷	۱	۱۰۰	۰/۳	۶۱	۲۵	۱۳۹	۲۹۰۱	۲/۱	۴/۱	۱
۳۰	۱۲۴	۰/۴	۸۶/۸۸	۲۳۶	۰/۸	۲۴۱/۹	۰/۶	۵۴	۲۲	۱۱۷	۶۷۲۶	۱/۶	۴	۰/۸
۳۱	۱۸۹	۰/۸	۱۰۰/۶۷	۱۷۳	۰/۶	۳۸۳/۹	۰/۹	۵۱	۲۲	۱۱۰	۱۱۰۰۰	۱/۴	۴/۵	۰/۸
۳۲	۲۵۵	۱/۱	۱۱۵/۶۵	۱۴۳	۰/۶	۵۲۶/۹	۱/۴	۵۳	۲۳	۹۷	۱۵۰۰۰	۱/۲	۵/۲	۰/۹
۳۳	۲۷۳	۱/۴	۱۱۳/۲۶	۱۱۸	۰/۵	۴۷۰/۸	۱/۷	۵۳	۲۰	۹۱	۱۸۰۰۰	۱/۲	۵/۳	۱/۱
۳۴	۲۱۳	۱/۳	۹۷/۸۱	۱۰۶	۰/۶	۳۳۰/۲	۱/۸	۵۷	۲۰	۹۲	۱۶۰۰۰	۱/۴	۵/۵	۱/۴
۳۵	۱۵۲	۱/۲	۸۶/۲۹	۱۰۸	۰/۷	۱۸۹/۶	۱/۸	۵۸	۱۷	۱۰۳	۱۳۴۰۰	۱/۴	۵/۲	۱/۵
۳۶	۸۷	۰/۸	۷۳/۶	۱۳۸	۰/۸	۴۶/۴	۱/۴	۵۸	۱۵	۱۲۴	۹۲۴۰	۱/۷	۴/۶	۱/۵
۳۷	۴۴	۰/۴	۶۳/۸۹	۱۸۰	۰/۹	۲/۹	۰/۹	۶۱	۱۶	۱۴۵	۵۱۷۲	۲	۴/۲	۱/۴
۳۸	۴۷	۰/۳	۶۸/۷۱	۲۰۷	۰/۹	۲۶/۵	۰/۶	۶۱	۱۸	۱۵۲	۳۹۳۸	۲/۱	۴	۲/۱
۳۹	۶۶	۰/۲	۷۲/۷۴	۲۳۶	۱	۸۵/۶	۰/۴	۶۰	۲۱	۱۴۵	۳۵۹۲	۲/۱	۴	۱
۴۰	۱۰۲	۰/۴	۷۹/۳۷	۲۲۸	۰/۹	۱۸۱/۵	۰/۵	۵۷	۲۲	۱۳۲	۵۲۵۹	۱/۹	۴/۱	۰/۹
۴۱	۱۵۸	۰/۶	۹۴/۳۳	۲۰۰	۰/۸	۳۱۳/۲	۰/۸	۵۵	۲۳	۱۱۶	۸۹۱۱	۱/۶	۴/۵	۰/۹
۴۲	۲۱۰	۰/۹	۱۰۴/۱۱	۱۶۷	۰/۶	۴۰۵/۹	۱/۱	۵۳	۲۲	۱۰۴	۱۳۰۰۰	۱/۳	۴/۸	۰/۹
۴۳	۲۳۲	۱/۲	۱۰۶/۸۵	۱۳۵	۰/۶	۴۲۷/۹	۱/۴	۵۳	۲۱	۹۸	۱۴۸۰۰	۱/۳	۵/۱	۱/۱

[DOI: 10.61186/ijcm.32.3.459]

ادامه جدول۱

Element	Ga	Gd	Hf	La	Li	Mn	Mo	Nb	Nd	Ni	P	Pb	Pr	S	Sb
Unit	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	%	ppm
SA-۱	۲	۴/۱	۳/۰	۶	۲۳	۲۰۳	۲	۰/۲	۸/۱	۱۲	۲۱۸	۱۷	۴/۱	۱۸/۰	۰/۴
۲	۲۱	۹/۴	۱/۱	۳۴	۴	۴۵۶	۳	۰/۳۱	۶/۳۸	۲۲	۵۶۴۷	۳۸۰	۷/۵	۱۰/۰	۱/۰
۳	۱۸	۶/۱	۹/۲	۳۴	۸	۴۸۵	۱	۷/۱۷	۱/۲۴	۱۳	۱۱۹۷	۶	۷/۵	۱۱/۰	۱/۰
۴	۱۴	۹/۰	۶/۱	۲۴	۵	۱۶۰	۱	۴/۸	۴/۲۳	۲۳	۸۸۲	۲۹	۹/۳	۱۲/۰	۱/۲
۶	۲۴	۱/۰	۸/۰	۵	۶۶	۹۰۰	۱	۸/۰	۵/۲	۸۶	۳۸۶	۴۲	۸/۰	۱۱/۰	۷/۶۵
۷	۱۷	۴/۱	۰/۳	۲۸	۹	۴۷۲	۲	۴/۲۰	۸/۲۱	۱۰	۱۱۳۸	۲	۷/۵	۰۸/۰	۱/۰
۸	۴	۹/۰	۶/۰	۶	۹	۷۴۳	۱	۴/۰	۴/۴	۱۲	۲۰۲	۷	۴/۱	۰۸/۰	۲/۱۴
۹	۲۱	۱/۰	۰/۲	۸	۲	۱۹۹۶	۷	۵/۰	۵/۰	۵۳	۲۷۷	۳۱	۴/۰	۴۶/۰	۲۲۱
۱۰	۷	۱/۰	۹/۰	۷	۴	۲۲۶۰	۲۸	۵/۰	۸/۰	۱۹	۱۳۱	۱۸	۷/۰	۳۳/۰	۰/۶۱
۱۲	۲۲	۵/۵	۳/۱	۲۹	۴۸	۱۵۵۷	۱	۱/۲۹	۷/۳۳	۳۸	۲۷۳۴	۲۷	۴/۱	۱۶/۰	۱/۰
۱۴	۵	۴/۲	۷/۱	۹	۱۲	۴۷۱۶	۴	۶/۸	۴/۱۹	۱۵	۵۲۲	۸	۵/۰	۲۸/۰	۷/۱۳
۱۵	۱۱	۱/۰	۸/۰	۶	۲	۳۴۱۲	۱	۱/۷	۹/۴	۱۲	۲۱۸	۳	۶/۰	۰۹/۰	۷/۵
۱۶	۱۴	۲/۲	۵/۱	۲۴	۱۰	۳۲۶	۲	۸/۱۴	۲۲	۱۷	۱۹۸۶	۱۰۸	۲/۴	۱۲/۰	۶/۱
۱۷	۲۰	۹/۱	۶/۱	۲۴	۲۱	۵۰۰	۲	۵/۱۴	۲/۲۲	۳۶	۲۰۲۸	۱۱۴	۴	۱۱/۰	۱۷
۱۸	۱۸	۱	۱/۲	۲۳	۲۲	۵۰۴	۱	۸/۱۱	۱۸	۳۳	۹۰۱	۲۰	۴	۱۱/۰	۱۷
۱۹	۱۵	۸/۰	۵/۱	۱۶	۲۲	۵۶۹	۱	۵/۷	۱۳	۳۳	۶۵۲	۲۰	۹/۲	۱/۰	۵/۲۰
۲۰	۱۶	۶/۰	۶/۱	۱۲	۲۲	۱۰۲۸	۳	۶/۵	۳/۷	۴۰	۵۰۱	۲۰	۱/۲	۱۸/۰	۳/۷۵
۲۱	۱۲	۶/۰	۶/۱	۱۲	۶	۱۳۶۸	۱۰	۵/۵	۹/۶	۲۴	۴۳۷	۱۴	۲	۲۴/۰	۱/۷۴
۲۲	۱۴	۶/۱	۲/۱	۱۲	۱۶	۱۶۳۹	۹	۶/۷	۹/۹	۳۰	۸۳۶	۲۱	۱	۲۶/۰	۱/۷۴
۲۳	۱۴	۲	۴/۱	۱۳	۱۶	۲۶۳۲	۱۰	۷/۹	۶/۱۳	۳۱	۹۱۶	۲۱	۸/۰	۳/۰	۹/۷۳
۲۴	۱۱	۲	۲/۱	۱۳	۱۶	۲۹۸۶	۹	۳/۱۱	۷/۱۴	۲۱	۹۰۱	۱۴	۸/۰	۲۱/۰	۱/۲۰
۲۵	۱۳	۵/۲	۳/۱	۱۷	۱۸	۲۵۰۳	۲	۹/۱۴	۲۰	۲۱	۱۳۶۵	۳۶	۷/۱	۱۶/۰	۳/۵
۲۶	۱۲	۶/۱	۴/۱	۱۶	۱۱	۲۲۳۹	۲	۲/۱۱	۱/۱۷	۲۰	۱۱۸۹	۵۸	۳/۲	۱۵/۰	۵/۹
۲۷	۱۶	۳/۱	۵/۱	۱۹	۱۴	۱۱۸۶	۱	۱۲	۷/۱۶	۲۵	۱۲۸۳	۶۱	۲/۳	۱۱/۰	۳/۱۰
۲۸	۱۷	۵/۱	۷/۱	۲۲	۱۹	۴۷۵	۲	۱/۱۲	۸/۱۸	۳۰	۱۳۹۲	۶۵	۸/۳	۱۱/۰	۱۴
۲۹	۱۷	۱/۱	۷/۱	۱۸	۲۲	۶۵۰	۲	۸/۹	۱/۱۵	۳۵	۱۰۲۰	۴۳	۳/۳	۱۲/۰	۴/۳۲
۳۰	۱۶	۸/۰	۷/۱	۱۵	۱۸	۸۶۷	۴	۶/۷	۳/۱۱	۳۲	۶۲۲	۱۹	۸/۲	۱۶/۰	۷/۴۶
۳۱	۱۴	۹/۰	۵/۱	۱۳	۱۶	۱۱۵۱	۶	۵/۶	۳/۹	۳۲	۶۰۶	۱۹	۲	۱۹/۰	۶۱
۳۲	۱۴	۲/۱	۵/۱	۱۲	۱۵	۱۶۶۷	۸	۱/۷	۴/۹	۳۱	۶۷۲	۱۹	۵/۱	۲۴/۰	۳/۷۴
۳۳	۱۳	۶/۱	۳/۱	۱۳	۱۴	۲۱۵۶	۹	۵/۸	۳/۱۱	۲۷	۷۷۲	۱۷	۲/۱	۲۵/۰	۵/۶۰
۳۴	۱۳	۱/۲	۳/۱	۱۴	۱۷	۲۴۴۰	۸	۹/۱۰	۵/۱۴	۲۶	۱۰۰۵	۲۳	۱/۱	۲۳/۰	۳/۴۳
۳۵	۱۳	۱/۲	۳/۱	۱۵	۱۵	۲۵۹۰	۶	۸/۱۱	۳/۱۶	۲۳	۱۰۹۳	۳۲	۴/۱	۲۱/۰	۲/۲۷
۳۶	۱۳	۹/۱	۳/۱	۱۶	۱۵	۲۲۲۸	۴	۴/۱۲	۱/۱۷	۲۲	۱۱۸۵	۴۲	۲	۱۶/۰	۳/۱۱
۳۷	۱۵	۷/۱	۵/۱	۱۸	۱۵	۱۶۰۰	۲	۶/۱۲	۲/۱۸	۲۴	۱۳۰۷	۵۵	۷/۲	۱۳/۰	۸/۹
۳۸	۱۶	۴/۱	۶/۱	۱۹	۱۶	۱۱۳۷	۲	۳/۱۱	۹/۱۶	۲۷	۱۲۲۱	۵۷	۱/۳	۱۲/۰	۶/۱۶
۳۹	۱۶	۲/۱	۶/۱	۱۹	۱۸	۷۹۴	۲	۴/۱۰	۵/۱۵	۳۰	۱۰۷۹	۴۷	۲/۳	۱۲/۰	۹/۲۵
۴۰	۱۶	۱/۱	۶/۱	۱۷	۱۹	۷۸۶	۳	۹	۶/۱۳	۳۲	۹۱۰	۳۷	۹/۲	۱۵/۰	۵/۳۸
۴۱	۱۵	۱	۶/۱	۱۵	۱۸	۱۰۸۴	۵	۸/۷	۳/۱۱	۳۳	۷۳۰	۲۵	۴/۲	۱۸/۰	۶/۵۳
۴۲	۱۴	۱/۱	۵/۱	۱۳	۱۶	۱۴۶۰	۷	۴/۷	۳/۱۰	۳۰	۶۶۸	۱۸	۸/۱	۲۱/۰	۶/۶۰
۴۳	۱۳	۴/۱	۴/۱	۱۳	۱۵	۱۸۵۳	۸	۳/۸	۱/۱۱	۲۹	۷۶۴	۲۰	۴/۱	۲۳/۰	۸/۵۹

ادامه جدول۱

Element	Sc	Sm	Sn	Sr	Ta	Th	Ti	U	V	W	Y	Yb	Zn	Zr
Unit	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
SA-۱	۱/۲	۱/۳	۱	۹۴۹	۱	۱	۰/۰۷	۳	۱۲	۱	۵	۰/۴	۲۲	۱۲
۲	۲۰/۵	۱۰/۸	۱	۳۹۷	۱	۸	۱/۲۶	۱	۱۶۰	۲	۲۹	۵/۲	۱۹۷	۷۹
۳	۹/۶	۴/۸	۱	۴۴۷	۲	۱۵	۰/۳۱	۱	۸۶	۵	۱۸	۲/۴	۲۳	۱۹
۴	۶/۶	۷/۹	۲	۸۴	۱	۴	۰/۳۵	۲	۷۷	۵	۲۳	۳/۶	۲۱۱	۳۰
۶	۱/۸	۱۳/۹	۱	۴۵	۸	۲	۰/۰۳	۱	۳۹	۲	۱۹	۶/۷	۱۶۹	۱۷
۷	۸/۷	۳/۴	۶	۴۶۴	۲	۲۴	۰/۳۲	۱	۸۵	۲	۱۶	۲/۳	۲۰	۲۱
۸	۲/۱	۲/۸	۹	۷۹	۱	۳	۰/۰۲	۱	۱۱	۴	۲۰	۲/۰	۷	۳
۹	۰/۷	۱۳/۶	۱۱	۱۱	۲	۲	۰/۰۱	۱	۲۱	۵۷	۱	۵/۹	۸۹	۱۶
۱۰	۰/۴	۴/۶	۲	۱۶	۱	۱	۰/۰۱	۱	۱۴	۱۷۸	۱	۲/۸	۱۰۵	۹
۱۲	۱۸/۰	۱۱/۱	۱	۷۰۶	۱	۶	۱/۹۲	۱	۱۶۴	۱	۳۳	۴/۶	۱۷۱	۵۹
۱۴	۳/۶	۸/۴	۲۰۰	۱۰۴	۱	۲	۰/۱۵	۱	۴۶	۲۰	۲۹	۴/۳	۸۲۱	۷۶
۱۵	۲/۵	۹/۵	۱۵۰	۱۳	۹	۱	۰/۱۳	۳	۶۵	۲۵	۴۹	۴/۵	۱۷۴	۶۵
۱۶	۹/۵	۶/۲	۱	۴۶۹	۱	۷	۰/۵	۲	۸۴	۳	۱۹	۲/۹	۱۱۳	۳۵
۱۷	۹/۶	۹/۴	۱	۲۴۳	۳	۷	۰/۴۹	۱	۹۰	۳	۲۲	۴/۵	۱۵۰	۳۶
۱۸	۶/۷	۷/۵	۲	۲۶۰	۳	۱۱	۰/۲۵	۱	۷۲	۳	۱۹	۳/۷	۱۰۶	۲۲
۱۹	۴/۸	۷	۴	۱۶۸	۳	۸	۰/۱۸	۱	۵۳	۳	۱۹	۳/۶	۱۰۲	۱۸
۲۰	۳/۳	۸/۴	۷	۱۵۰	۳	۸	۰/۰۹	۱	۳۹	۱۶	۱۴	۴/۲	۷۱	۱۴
۲۱	۳	۶/۱	۷	۱۴۲	۱	۸	۰/۰۹	۱	۳۳	۶۰	۹	۳/۳	۵۵	۱۲
۲۲	۵/۳	۸	۵	۲۰۳	۱	۳	۰/۴۹	۱	۵۳	۶۰	۱۴	۳/۸	۹۳	۲۲
۲۳	۵/۷	۹/۴	۵۳	۲۰۹	۱	۳	۰/۵۲	۱	۶۱	۶۴	۱۶	۴/۴	۲۹۶	۴۰
۲۴	۶/۱	۸/۴	۸۸	۲۱۰	۳	۲	۰/۵۵	۱	۷۲	۵۶	۲۸	۴/۱	۳۱۸	۵۲
۲۵	۸/۴	۸/۸	۸۸	۳۲۳	۳	۴	۰/۶۷	۱	۹۰	۱۲	۳۲	۴/۱	۳۲۰	۵۹
۲۶	۶/۳	۸/۴	۸۸	۲۰۷	۳	۴	۰/۳۲	۲	۷۱	۱۳	۳۰	۴	۳۱۵	۵۳
۲۷	۷/۱	۸/۱	۳۹	۲۴۶	۴	۷	۰/۳۴	۲	۷۸	۹	۲۷	۳/۹	۱۳۶	۴۰
۲۸	۷/۷	۷/۵	۲	۲۸۵	۳	۸	۰/۳۶	۱	۷۵	۳	۲۰	۳/۷	۱۱۸	۲۸
۲۹	۶/۱	۸/۱	۴	۲۰۵	۳	۹	۰/۲۵	۱	۶۳	۶	۱۹	۴	۱۰۷	۲۳
۳۰	۴/۵	۷/۳	۵	۱۸۰	۳	۹	۰/۱۵	۱	۴۹	۲۱	۱۵	۳/۷	۸۴	۱۷
۳۱	۴/۱	۷/۴	۶	۱۶۶	۲	۷	۰/۲۱	۱	۴۴	۳۵	۱۴	۳/۷	۸۰	۱۷
۳۲	۴/۳	۸	۱۸	۱۷۶	۲	۵	۰/۳	۱	۴۶	۵۰	۱۳	۳/۹	۱۲۹	۲۲
۳۳	۵	۸	۳۸	۱۹۱	۱	۴	۰/۴۱	۱	۵۵	۶۰	۱۷	۳/۹	۱۹۱	۳۲
۳۴	۶/۴	۸/۷	۵۹	۲۳۶	۲	۳	۰/۵۶	۱	۶۹	۴۸	۲۲	۴/۱	۲۵۷	۴۳
۳۵	۶/۶	۸/۸	۷۹	۲۳۷	۲	۳	۰/۵۲	۱	۷۴	۳۶	۲۷	۴/۱	۳۱۲	۵۱
۳۶	۷	۸/۴	۷۶	۲۴۷	۳	۴	۰/۴۷	۱	۷۸	۲۲	۲۹	۴	۲۷۲	۵۱
۳۷	۷/۴	۸/۲	۵۴	۲۶۵	۳	۶	۰/۴۲	۱	۷۸	۹	۲۷	۳/۹	۲۲۲	۴۵
۳۸	۶/۸	۸	۳۳	۲۳۶	۳	۷	۰/۳۲	۱	۷۲	۸	۲۴	۳/۹	۱۶۹	۳۶
۳۹	۶/۳	۷/۸	۱۲	۲۲۹	۳	۸	۰/۲۸	۱	۶۶	۱۰	۲۰	۳/۸	۱۱۱	۲۷
۴۰	۵/۶	۷/۶	۴	۲۰۹	۳	۸	۰/۲۴	۱	۵۸	۱۶	۱۷	۳/۸	۹۷	۲۱
۴۱	۴/۸	۷/۷	۸	۱۸۲	۲	۷	۰/۲۳	۱	۵۱	۲۸	۱۵	۳/۸	۱۰۰	۱۹
۴۲	۴/۵	۷/۷	۱۷	۱۷۸	۲	۶	۰/۲۷	۱	۴۹	۴۱	۱۵	۳/۸	۱۲۱	۲۲
۴۳	۵	۸	۳۰	۱۹۲	۲	۵	۰/۳۷	۱	۵۴	۴۸	۱۷	۳/۹	۱۶۴	۲۸

[DOI: 10.61186/ijcm.32.3.459]

نمودار فراوانی مقادیر اولیه طلا و مس در اسکارن

براساس نتایج تجزیه مقادیر طلا و مس، بیشترین مقدار طلا در این واحد ۶۷۵ میلی گرم در تن و کمترین مقدار آن ۳ میلی گرم در تن است. میانگین مس در این واحد ۱۵۵۱۵ گرم در تن، بیشترین مقدار آن ۳۷۲۰۰ گرم در تن و کمترین مقدار اقتصادی آن ۴۳۶۱ گرم در تن است. باید درنظر داشت که تحرک عنصر مس بیشتر از طلا بوده و بخش زیادی از مس شسته شده است که می‌توان به عیار واقعی آن در بخش‌های عمیق پی برد [۱۱،۱۰]. باتوجه به شکل ۵ و جدول ۲، طلا توزیع ناهنجار و مس توزیع بهنجار دارد. طلا و مس هر دو دارای چولگی مثبت و راست هستند.

تعیین موقعیت زمین ساختی

از رایج ترین روش‌ها برای تعیین موقعیت زمین ساختی استفاده از نمودار پیر و همکاران [۱۲] است که در آن، گرانیتوئیدها از نظر ترکیب زمین شیمیایی و جایگاه زمین‌ساختی به چهار گروه گرانیتوئیدهای پشته میان اقیانوس (ORG)، گرانیتوئیدهای قوس آتشفشانی (VAG)، گرانیتوئیدهای درون ورقه‌ای (WPG) و گرانیتوئیدهای همزمان با برخورد (Syn-GOLG) تقسیم شده‌اند. در نمودار Y نسبت به Nb، چنان که دیده می‌شود، بیشتر سنگ‌های مورد بررسی در گستره مشترک گرانیت های قوس آتشفشانی و همزمان با برخورد قرار می‌گیرند. از این رو، فعالیت ماگمایی منطقه در ارتباط با محیط فرورانشی است (شکل ۸).

زمین شیمی عناصر خاکی نادر (REE)

عناصر خاکی نادر کاربرد های فراوانی در زمین‌شیمی و سنگ‌شناسی دارند. در بررسی الگوی توزیع عناصر کمیاب بر پایه نمودارهای عنکبوتی، مقادیر عناصر کمیاب ناسازگار و خاکی نادر نمونه‌های منطقه نسبت به مقادیر گوشته اولیه و کندریت بهنجار شده‌اند (شکل۹). چنان که دیده می‌شود، عناصر Th، Pb، Yb، U، Rb دارای غنی‌شدگی و عناصر Ti؛ K ، Ba و Nb داری تهی‌شدگی هستند. ناهنجاری منفی در عناصری چون Nb Sr ,Ti مشخصه گرانیتوئیدهای آهکی قلیایی قوسی است. به باور ماکادو و همکاران [۱۳]، غنی‌شدگی عناصر سنگ دوست بزرگ یون (LILE) نسبت به مقادیر عناصر با شدت میدان بالا (HFSE) به ویژه Nb نشان دهنده سری ماگمایی آهکی قلیایی است. غنی‌شدگی از LILEها و Pb شواهدی از آلایش پوسته‌ای هستند. به باور ویلسون [۱۴]، بی‌هنجاری منفی در عناصر Ba و Nb می‌تواند به فرورانش مربوط باشد. همچنین نسبت بالای LILE/HFSE در مناطق قوسی نتیجه ورود عناصر سنگ دوست بزرگ یون موجود در صفحه فرو رونده به درون گوشته بالای آن است. غنی‌شدگی LREEها نسبت به HREEها ناشی از آلایش ماگما با مواد پوسته‌ای است و نیز بی هنجاری Ti نشانگر سنگ های محیط فرورانش است. ناهنجاری Eu به حضور کانی‌های پلاژیوکلاز و آمفیبول بستگی دارد، از آنجا که غلظت کلارک Eu ۱،۲ گرم در تن است، ناهنجاری مثبت Eu می‌تواند به حضور آمفیبول در سنگ‌ها مربوط باشد [۱۵].

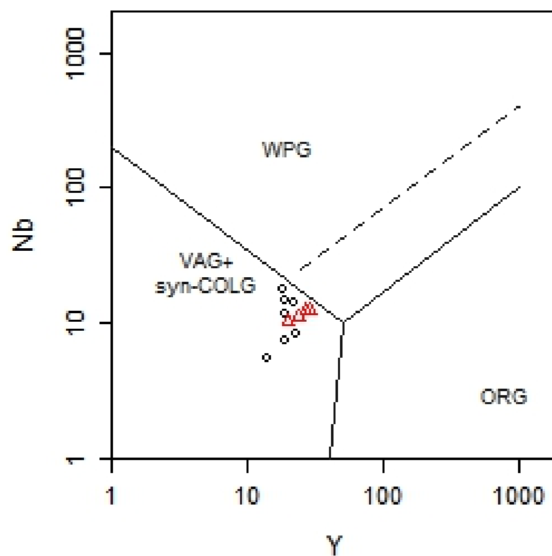
تعیین همبستگی عناصر در اسکارن

در اسکارن، طلا با عناصر مولیبدن، آنتیموان، بیسموت، تنگستن و گوگرد همبستگی بسیار شدید دارد. همبستگی بالای طلا با گوگرد و بیسموت به احتمال به دلیل جانشینی طلا در کانی‌هایی چون آرسنوپیریت‌ها وکانی‌های سولفیدی مس و بیسموت است. بر اساس داده‌های آماری اسپیرمن بدست آمده از نمونه‌های تجزیه شده پهنه اسکارن (جدول۳)، بیشترین همبستگی میان طلا و بیسموت و همچنین بین مولیبدن و تنگستن است. مس با عناصر مولیبدن، تنگستن، نقره، بیسموت، کادمیم و گوگرد همبستگی بسیار شدید دارد. همبستگی بین این عناصر ناشی از حضور آن‌ها در کانی‌های سولفیدی و اکسیدی سنگ‌های کانه‌دار منطقه است. قلع تنها با منگنز و روی همبستگی بسیار شدید دارد. از آنجا که آرسنیک، کادمیوم و مولیبدن درمحیط‌های قلیایی به صورت محلول حضور دارند، همبستگی بین این عناصر نشان دهنده حمل آنها توسط محلول‌های گرمابی با ماهیت قلیایی است که با توجه به حضور رگه های سیلیسی، می‌توان گفت که این عناصر طی تغییر ماهیت محلول‌های گرمابی (در اثر تماس با سنگ‌های اسیدی و حدواسط منطقه)، در رگه‌های سیلیسی ته‌نشین شده‌اند. وانادیم با استرانسیم و تیتانیم همبستگی بسیار شدید دارد. با توجه به حضور آلومینیم، اسکاندیم و استرانسیم در پلاژیوکلازها و نیز حضور و یا جانشینی تیتانیم و وانادیم در کانی‌هایی چون مگنتیت و یا تیتانومگنتیت و همچنین با توجه به سنگ دوست و اسید دوست بودن این عناصر، مشخص می‌شود که آنها در اثر فرایندهای گرمابی در سنگ ها حضور نیافته‌اند. حضور این عناصر در پلاژیوکلاز و مگنتیت به طور طبیعی طی فعالیت‌های آذرین در سنگ‌های منطقه صورت گرفته است.

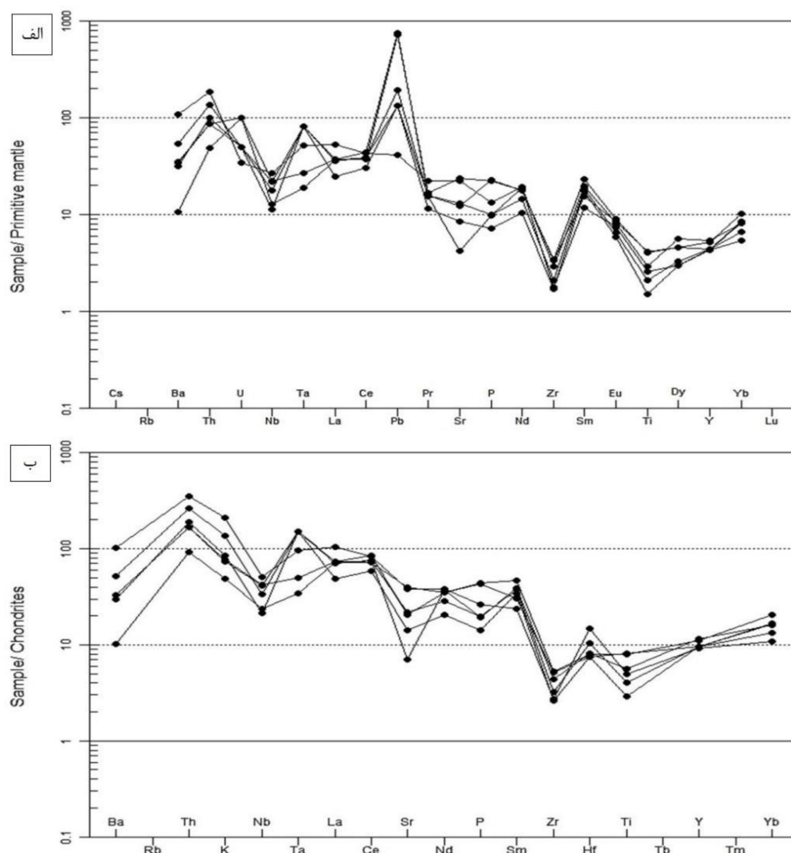
[DOI: 10.61186/ijcm.32.3.459]

جدول ۲ آزمون بهنجار بودن مقدار طلا ومس در واحد اسکارن.

	Kolmogorov-Smirnov[a]		
	Statistic	df	Sig.
Cu	۰/۱۹۷	۱۸	۰/۰۶۲
Au	۰/۲۰۹	۱۸	۰/۰۳۶



شکل۸ نمودار Y نسبت به Nb [۱۳].



شکل۹ نمودارهای عنکبوتی عناصر خاکی نادر برای سنگ‌های منطقه بهنجار شده به الف) گوشته اولیه [۱۶] و ب) کندریت [۱۷، ۱۸].

[DOI: 10.61186/ijcm.32.3.459]

جدول۳ تعیین همبستگی عناصر در واحد اسکارن به روش آماری اسپیرمن.

		Au	Ag	As	Bi	Cd	Cr	Cu	Mn	Mo
Spearman's Correlation	Au	۱								
	Ag	۰/۵۳	۱							
	As	۰/۵۸	۰/۱۱	۱						
	Bi	۰/۹۶	۰/۴۶	۰/۵۲	۱					
	Cd	۰/۴۲	۰/۹۵	۰/۰۹	۰/۳۷	۱/۰۰				
	Cr	-۰/۲۸	-	۰/۰۱	-۰/۱۸	-۰/۶۸	۱			
	Cu	۰/۶۷	۰/۹۵	۰/۳۳	۰/۶	۰/۹۱	-۰/۶۶	۱		
	Mn	۰/۰۱	۰/۷۱	-	-۰/۰۹	۰/۷۹	-	۰/۶۴	۱	
	Mo	۰/۸۷	۰/۶۸	۰/۳۲	۰/۷۷	۰/۵۰	-	۰/۷۲	۰/۲۳	۱
	Ni	۰/۱۰	-۰/۵	۰/۱۶	۰/۱۹	-۰/۴۸	۰/۴۰	-۰/۴	-۰/۷۵	-۰/۲۵
	Pb	-۰/۰۲	-	-	۰/۰۳	-۰/۲۹	۰/۳۳	-	-۰/۵۱	-۰/۳
	S	۰/۷۶	۰/۸۴	۰/۷۸	۰/۳۴	۰/۷۹	-	۰/۹۰	۰/۳۷	۰/۷۰
	Sb	۰/۷۱	۰/۰۳	۰/۶۴	۰/۷۸	-۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۲۱	-۰/۴۴	۰/۴۳
	Sn	-۰/۲۸	۰/۳۹	-	-۰/۳۳	۰/۵۲	-	۰/۲۹	۰/۸۳	-۰/۰۴
	Sr	-۰/۰۳	۰/۰۶	-	-۰/۱۱	۰/۰۲	-	-	۰/۰۸	۰/۲۱
	Ti	۰/۰۴	۰/۱۸	-	-۰/۰۷	۰/۱۵	-۰/۴	۰/۰۵	۰/۲۹	۰/۲۹
	V	-۰/۳۱	-	-	-۰/۴۲	۰/۰۳	-	-	۰/۴۱	-۰/۰۷
	W	۰/۹۳	۰/۶۸	۰/۴۸	۰/۸۵	۰/۵۴	-	۰/۷۸	۰/۲۵	۰/۹۶
	Zn	-۰/۳۶	۰/۳۸	-	-۰/۴۷	۰/۴۶	-	۰/۲۲	۰/۷۴	-۰/۰۷

ادامه جدول ۳

	Ni	Pb	S	Sb	Sn	St	Ti	v	W	Zn
Au										
Ag										
As										
Bi										
Cd										
Cr										
Cu										
Mn										
Mo										
Ni	۱									
Pb	۰/۷۳	۱								
S	-۰/۱۴	-۰/۱۷	۱							
Sb	۰/۵۸	۰/۲۵	۰/۴۸	۱						
Sn	-۰/۰۶	-۰/۴۵	۰/۰۵	-۰/۵۹	۱					
Sr	-۰/۰۵	۰/۳۰	-	-۰/۲۹	۰/۲۷	۱				
Ti	-۰/۱۶	۰/۰۹	-	-۰/۲۶	۰/۴۷	۰/۹۲	۱			
V	-۰/۳۱	۰/۰۶	-	-۰/۶۲	۰/۶۲	۰/۷۹	۰/۸۲	۱		
W	-۰/۱۸	-۰/۲۵	۰/۷۶	۰/۵۲	-۰/۰۵	۰/۰۸	۰/۱۹	-۰/۱۲	۱	
Zn	-۰/۴۹	-۰/۱۸	-	-۰/۶۱	۰/۷۷	۰/۳۸	۰/۵۲	۰/۶۱	-۰/۱۳	۱

برداشت

نتایج بررسی‌های میدانی، بررسی مقاطع میکروسکوپی و همچنین تجزیه شیمیایی نشان داد که ساخت و بافت رگه‌ای و پر کننده فضای خالی در منطقه به صورت غالب وجود دارد. دگرسانی های پروپلیتی، سریسیتی، آرژیلیک و هماتیتی در منطقه شناسایی شد. بیشترین مقدار طلا ۰/۶۷۵گرم در تن (۶۷۵ppb) و بیشترین مقدار مس ۳۷۲۰۰ گرم در تن (٪۳،۷۲) است. طلا با عناصر مولیبدن، آنتیموان، بیسموت، تنگستن و گوگرد همبستگی مثبت دارد. همبستگی بالای طلا با گوگرد و بیسموت به احتمال بسیار به دلیل جانشینی طلا در کانی‌هایی چون آرسنوپیریت‌ها و کانی‌های سولفیدی مس و بیسموت است. بیشترین همبستگی بین داده‌ها میان طلا و بیسموت و همچنین مولیبدن و تنگستن وجود دارد. مس با عناصر مولیبدن، تنگستن، نقره، بیسموت، کادمیم و گوگرد همبستگی مثبت دارد. همبستگی بین این عناصرناشی از حضور آن‌ها در کانی‌های سولفیدی و اکسیدی سنگ‌های کانه‌دار

[DOI: 10.61186/ijcm.32.3.459]

منطقه است. بیشتر سنگ‌های مورد بررسی در گستره مشترک گرانیت‌های قوس آتشفشانی (VAG) و همزمان با برخورد Syn-COLG قرار دارند، از این رو، فعالیت ماگمایی منطقه در ارتباط با محیط فرورانشی است [۷، ۱۹]. ناهنجاری منفی در عناصری چون Ti, Sr, Nb، ویژه گرانیتوئیدهای آهکی قلیایی قوسی است. غنی‌شدگی عناصر سنگ دوست بزرگ یون (LILE) نسبت به عناصر با شدت میدان بالا (HFSE) به ویژه Nb نشان دهنده محیط زمین ساختی ماگمایی قوس آتشفشانی است. غنی شدگی از LILEها و Pb شواهدی از آلایش پوسته‌ای هستند. توده‌های نفوذی منطقه نیز از گرانیتوئیدهای نوع I هستند.

قدردانی

نگارندگان صمیمانه از زحمات و راهنمایی‌های بی دریغ جناب دکتر مهرداد موحدی و همه کارکنان سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور قدردانی می‌نماید.

مراجع

[1] Mohajjel M., Fergusson C. L., Sahandi M. R., "*Cretaceous–Tertiary convergence and continental collision, Sanandaj–Sirjan Zone",* western Iran. Journal (2003).

[2] Mohajjel M., Fergusson C. L., *"Jurassic to Cenozoic tectonics of the Zagros orogen in northwestern Iran".* International Geology Review 56(3) (2014) 263-287.

[3] Azizi H., Moinevaziri H., *"Review of the tectonic setting of Cretaceous to Quaternary volcanism in northwestern Iran",* Journal of Geodynamics 47 (2009) 167-179.

[4] Movahedi M., Yazdi M., Behzadi M., "*Temperature-barometric and chemistry of garnet and pyroxene minerals of Ashvand Nahavand skarn deposit, west of Iran*", Iranian Journal of Crystallography and Mineralogy, (2022) 3-14.

[5] Movahedi M., Yazdi M., Behzadi M., *"Determining the mineralization conditions based on the data of fluid inclusion in the Skarn Ashvand deposit, west of Iran",* Journal of Earth Sciences, (2021) 111-122.

[6] Arian M., *"Physiographic-Tectonic Zoning of Iran's Sedimentary Basins".* Journal of Geology, 3(2013) 169-177.

[7] Zamanian H., Ahmadnejad F., Karami A., Taghipour B., *"Petrology, geochemistry and skarn formation potential of Samen granitoid mass (southwest of Malair, Hamedan)",* Quarterly Journal of Geology of Iran, (2018) 51-81.

[8] Jafarian M., Zamani pedram M., *"1/100000 Geological map of Malayer"*, Geological Survey and Mineral Exploration of Iran (1887).

[9] Whitney D., Evans B. "*Abbreviations for names of rock-forming minerals",* American Mineralogist, Volume 95 (2010)185-187.

[10] Sahebi khadar J., Malekzadeh Shafaroodi A., Mazloomi Bajestani A., "*Mineralogy, structure, texture and geochemistry in Fadihah copper-gold mineral occurrence, northwest of Torbat Haydaria*", Iranian Journal of Crystallography and Mineralogy, (2022) 57-74.

[11] Ashbak P., Malekzaadeh shafaroodi A., Karimpour M., "*Investigating gold ± copper mineralization in Jalmabadan region (northwest of Sabzevar) based on mineralogical evidence of alteration and mineralization zones and geochemistry*", Iranian Journal of Crystallography and Mineralogy, (2018) 31-46.

[12] Pearce J. A., Harris N.B., Tindle A.G., *"Trace element discrimination diagrams. for the tectonic interpretation of granitic rocks",* Journal Petrology, 25(1984) 956-983.

[13] Machado A., Lima E. F., Chemale J. F., Morta D., Oteiza O., Almeida D. P. M., Figueiredo A. M. G., Alexandre F. M., Urrutia J. L., *"Geochemistry constraints of Mesozoic-Cenozoic calcalkaline magmatism in the south Shetland arc, Antarctica"*, Journal of South American Earth Sciences 18(3) (2005) 407-425.

[14] Wilson M., *"Igneous Petrogenesis: A Global Tectonic Approach"*, Unwin Hyman, London, 466 (1989).

[15] Girardi J. D., Patchett P. J., Ducea M. N., Gehrels G. E., Cecil M. R., Rusmore M. E., Woodsworth G. J., Pearson D. M., Manthei C., Wetmore P., *Elemental and isotopic evidence for granitoid genesis from deep-seated sources in the Coast mountains batholith, British Columbia".* Journal of Petrology 53 (7) (2012) 1505-1536.

[16] McDonough W.F., Sun S.S., *"The Composition of the Earth"*. Chemical Geology, 120 (1995) 223-253.

[DOI: 10.61186/ijcm.32.3.459]

[17] Thampson A.B., *"Mogmatism of The Bristish Tertiary Volcanic Province. Scott"*. Journal of Geology, 18 (1982) 50-107.

[18] Nakamura N., *"Determination of REE, Ba, Fe, Mg, Na and K incarbonaceous and ordinary chondrites"*. Geochim. Cosmochim. Acta 38 (1974) 757-775.

[19] Zamanian H., Karami A., Zarei Sahamieh R., "*A geochemical comparison of Saman granodiorite with the skarn granitoids of the world in terms of mineralization potential*", The second international specialized congress of Earth Sciences, (2015).

[DOI: 10.61186/ijcm.32.3.459]